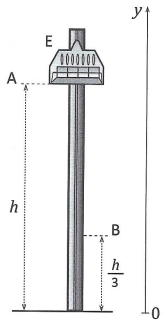
1. A figura representa uma torre de queda livre que dispõe de um elevador, E, onde os passageiros se sentam, firmemente amarrados. O elevador, inicialmente em repouso, cai livremente a partir da posição A, situada a uma altura h em relação ao solo, até à posição B. Quando atinge a posição B, passa também a ser atuado por uma força de travagem constante, chegando ao solo com velocidade nula.

Considere desprezáveis a resistência do ar e todos os atritos entre a posição A e o solo.



1.1. Selecione a opção que compara corretamente a energia potencial gravítica do sistema *elevador / passageiros + Terra* na posição B, E_{pB}, com a energia potencial gravítica desse sistema na posição A, E_{pA}.

(A) $E_{pB} = \frac{1}{3} E_{pA}$

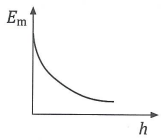
(B) $E_{pB} = 3 E_{pA}$

(C) $E_{pB} = \frac{3}{2} E_{pA}$

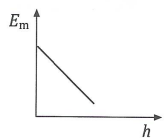
(D) $E_{pB} = \frac{2}{3} E_{pA}$

1.2. Selecione o esboço do gráfico que pode traduzir a relação entre a energia mecânica, E_m, e a altura em relação ao solo, h, do conjunto *elevador / passageiros*, durante o seu movimento de queda entre as posições A e B.

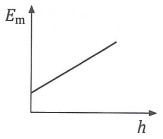
(A)



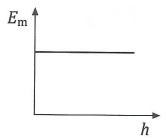
(B)



(C)



(D)



1.3. O trabalho realizado pela força gravítica que atua no conjunto *elevador / passageiros*, durante o seu movimento de queda entre as posições A e B, é

(A) negativo e igual à variação da energia potencial gravítica do sistema *elevador / passageiros + Terra*.

(B) positivo e igual à variação da energia potencial gravítica do sistema *elevador / passageiros + Terra*.

(C) negativo e simétrico da variação da energia potencial gravítica do sistema *elevador / passageiros + Terra*.

(D) positivo e simétrico da variação da energia potencial gravítica do sistema *elevador / passageiros + Terra*.

2. Considere que um carrinho se desloca de uma posição P para uma posição Q, por ação de uma força, de intensidade constante, segundo uma trajetória retilínea e horizontal.

2.1. No movimento considerado, o trabalho realizado pelo peso do carrinho é nulo, porque o peso

(A) tem direção perpendicular ao deslocamento do carrinho.

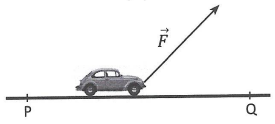
(B) é uma força conservativa.

(C) é anulado pela força de reação normal exercida pelo plano.

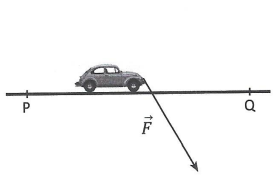
(D) tem intensidade constante.

2.2. Em qual das situações seguintes é maior, para o deslocamento considerado, a energia transferida para o carrinho, por ação da força representada?

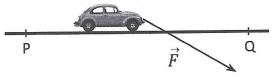
(A)



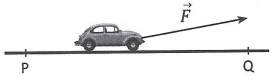
(B)



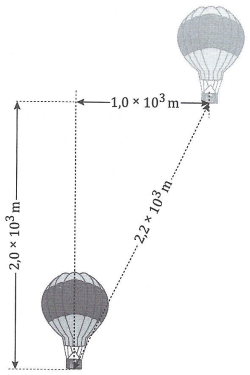
(C)



(D)



3. A figura representa um balão, de massa m, que subiu $2{,}0 \times 10^3\,\text{m}$ na vertical e que foi depois desviado pelo vento, deslocando-se $1{,}0 \times 10^3\,\text{m}$ na horizontal.



Qual das expressões seguintes, onde g representa o módulo da aceleração gravítica, permite calcular o trabalho realizado, no deslocamento considerado, pela força gravítica, $\vec{F}_g$, que atua no balão?

(A) $W_{\vec{F}_g} = -2{,}0 \times 10^3\ m\ g$

(B) $W_{\vec{F}_g} = -1{,}0 \times 10^3\ m\ g$

(C) $W_{\vec{F}_g} = -3{,}0 \times 10^3\ m\ g$

(D) $W_{\vec{F}_g} = -2{,}2 \times 10^3\ m\ g$

4. Admita que um balão meteorológico sobe na atmosfera, com velocidade constante, de uma posição A para uma posição B.

4.1. No deslocamento considerado, o trabalho realizado pela força gravítica que atua no balão é

(A) positivo e depende do módulo da velocidade do balão.

(B) negativo e depende do módulo da velocidade do balão.

(C) positivo e depende do desnível entre as posições A e B.

(D) negativo e depende do desnível entre as posições A e B.

4.2. No deslocamento considerado, a soma dos trabalhos realizados pelas forças que atuam no balão é

(A) nula, uma vez que a resultante das forças que nele atuam é nula.

(B) positiva, uma vez que a resultante das forças que nele atuam tem o sentido do movimento.

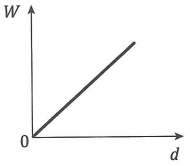
(C) nula, uma vez que a resultante das forças que nele atuam tem o sentido do movimento.

(D) positiva, uma vez que a resultante das forças que nele atuam é nula.

Nota: Item com conteúdos de Física de 11.º ano (Mecânica)

5. Considere que um carrinho de brincar pode percorrer, sobre uma rampa, trajetórias retilíneas no sentido descendente ou no sentido ascendente.

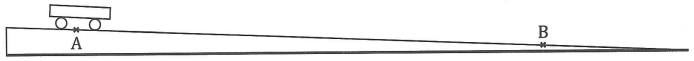
5.1. Na figura, apresenta-se o esboço do gráfico que pode representar a soma dos trabalhos realizados pelas forças aplicadas no carrinho, W, em função da distância, d, percorrida pelo carrinho, à medida que este desce a rampa.



Qual é o significado físico do declive da reta representada?

5.2. Conclua, justificando, se existe conservação da energia mecânica do sistema *carrinho* + *Terra* quando o carrinho sobe a rampa com velocidade constante.

6. Na figura encontra-se representada uma calha, inclinada, na qual estão marcados dois pontos, A e B, que distam $1{,}65\,\text{m}$. Junto ao ponto B foi colocada uma célula fotoelétrica, ligada a um sistema de aquisição de dados, de modo a medir a velocidade com que um carrinho passa nesse ponto.



Admita que um carrinho, de massa $500\,\text{g}$, foi largado do ponto A da calha, tendo passado no ponto B com uma velocidade de módulo $0{,}980\,\text{m s}^{-1}$.

6.1. No trajeto AB considerado, o trabalho realizado pelo peso do carrinho é

(A) positivo e a energia potencial gravítica do sistema *carrinho* + *Terra* aumenta.

(B) positivo e a energia potencial gravítica do sistema *carrinho* + *Terra* diminui.

(C) negativo e a energia potencial gravítica do sistema *carrinho* + *Terra* aumenta.

(D) negativo e a energia potencial gravítica do sistema *carrinho* + *Terra* diminui.

6.2. Calcule a intensidade da resultante das forças que atuam no carrinho durante o percurso AB.

Apresente todas as etapas de resolução.

6.3. No ponto B, o valor da velocidade medido experimentalmente foi inferior ao valor calculado aplicando a lei da conservação da energia mecânica, pelo que, entre os pontos A e B, terá havido

(A) diminuição da energia cinética do carrinho.

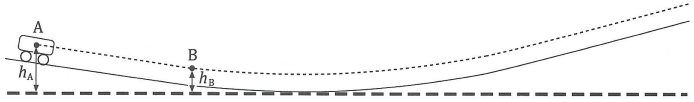
(B) diminuição da energia mecânica do sistema *carrinho* + *Terra*.

(C) conservação da energia cinética do carrinho.

(D) conservação da energia mecânica do sistema *carrinho* + *Terra*.

7. Na figura, encontra-se representada uma tábua flexível, montada de modo a obter duas rampas de diferentes inclinações, sobre a qual se desloca um carrinho de massa $m = 500\,\text{g}$. Na figura, encontram-se ainda representados dois pontos, A e B, situados, respetivamente, às alturas h_A e h_B da base das rampas, considerada como nível de referência para a energia potencial gravítica.

A figura não está à escala.



Considere desprezáveis as forças de atrito em todo o percurso. Considere ainda que o carrinho pode ser representado pelo seu centro de massa (modelo da partícula material).

Abandona-se o carrinho em A e mede-se a sua velocidade, v_B, no ponto B.

7.1. Qual das expressões seguintes permite calcular a energia potencial gravítica do sistema *carrinho + Terra* no ponto A, E_{pA}?

(A) $E_{pA} = \frac{1}{2} m v_B^2 - m\, g\, h_B$

(B) $E_{pA} = \frac{1}{2} m v_B^2 + m\, g\, h_B$

(C) $E_{pA} = m\, g\, h_B$

(D) $E_{pA} = \frac{1}{2} m v_B^2$

7.2. Admita que os pontos A e B distam entre si $1{,}10\ \text{m}$ e que o carrinho passa no ponto B com uma velocidade de módulo $1{,}38\ \text{m s}^{-1}$.

Calcule a intensidade da resultante das forças que atuam no carrinho no percurso AB.

Apresente todas as etapas de resolução.

7.3. Atendendo às condições de realização da experiência, conclua, justificando, qual é a relação entre a altura a que se encontra o carrinho no ponto em que é largado, h_A, e a altura máxima, $h_{máx}$, que este atinge na rampa de maior inclinação.

8. Eis-nos diante desse divertimento popular chamado montanha-russa. Um carrinho, levado ao ponto mais alto de uma linha de carris e aí abandonado à força da gravidade, cai, subindo e descendo depois pela linha fantasticamente curva, dando aos que vão dentro dele todas as sensações violentas das súbitas mudanças de velocidade... Partindo sempre do ponto mais alto, situado, por exemplo, a cem metros do chão, em parte nenhuma do percurso alcança ponto mais alto do que aquele.
Vamos supor que alguém descobriu como eliminar totalmente as forças dissipativas e quer aplicar a sua descoberta à construção de uma montanha-russa. Nessa construção, deve seguir uma regra muito simples: não deve haver pontos situados a uma altura superior à do ponto de partida, embora a linha de carris possa ter qualquer comprimento. Se o carrinho puder mover-se livremente até ao final da linha de carris, poderá, no seu percurso, atingir várias vezes cem metros de altura, mas nunca poderá ultrapassar esse valor.
Nas montanhas-russas reais, não será assim: depois de abandonado, o carrinho nunca atingirá a altura do ponto de partida, devido à ação das forças dissipativas.

A. Einstein, L. Infeld, *A Evolução da Física*, Lisboa,
Livros do Brasil, pp. 43-45 (adaptado)

8.1. No texto, são referidas «todas as sensações violentas das *súbitas mudanças de velocidade*».

Qual é o nome da grandeza a que se refere a expressão em itálico?

Nota: Item de Física de 11.º ano (Mecânica)

8.2. Um carrinho, abandonado no ponto mais alto da linha de carris de uma montanha-russa em que as forças dissipativas tenham sido totalmente eliminadas, passa no ponto mais baixo dessa linha, situado ao nível do chão, com uma velocidade cujo módulo é

(A) diretamente proporcional à energia mecânica inicial do sistema *carrinho + Terra*.

(B) diretamente proporcional à altura do ponto de partida.

(C) independente da massa do carrinho.

(D) independente do módulo da aceleração gravítica local.

8.3. O trabalho realizado pelo peso do carrinho, entre o ponto de partida e o final da linha de carris,

(A) é independente do comprimento da linha de carris.

(B) depende do número de vezes que o carrinho atinge o ponto mais alto.

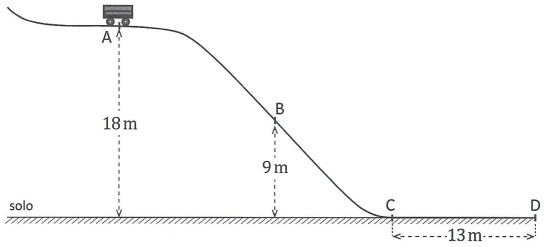
(C) é independente da massa do carrinho.

(D) depende da intensidade das forças dissipativas que atuem no carrinho.

8.4. Explique porque é que, nas montanhas-russas reais, «depois de abandonado, o carrinho nunca atingirá a altura do ponto de partida».

9. Na figura (que não se encontra à escala), está representado um carrinho que percorre o troço final de uma montanha-russa.

Admita que o carrinho, de massa $600\ \text{kg}$, passa no ponto A, situado a $18\ \text{m}$ do solo, com uma velocidade de módulo $10\ \text{m s}^{-1}$.



Considere o solo como nível de referência da energia potencial gravítica e considere que o carrinho pode ser representado pelo seu centro de massa (modelo da partícula material).

Entre os pontos A e C, a soma dos trabalhos realizados pelas forças não conservativas que atuam no carrinho é desprezável.

9.1. A energia cinética do carrinho será o quádruplo da sua energia cinética em A num ponto em que a

(A) velocidade do carrinho for o dobro da sua velocidade em A.

(B) energia potencial gravítica do sistema *carrinho + Terra* for metade da sua energia potencial gravítica em A.

(C) velocidade do carrinho for o quádruplo da sua velocidade em A.

(D) energia potencial gravítica do sistema *carrinho + Terra* for um quarto da sua energia potencial gravítica em A.

9.2. O trabalho realizado pela força gravítica que atua no carrinho é

(A) maior entre os pontos A e B do que entre os pontos B e C.

(B) menor entre os pontos A e B do que entre os pontos B e C.

(C) positivo entre os pontos A e C e negativo entre os pontos C e D.

(D) positivo entre os pontos A e C e nulo entre os pontos C e D.

9.3. Considere que entre os pontos C e D, que distam $13\ \text{m}$ entre si, atuam no carrinho forças de travagem cuja resultante tem direção horizontal e intensidade constante, imobilizando-se o carrinho no ponto D.

Calcule a intensidade da resultante das forças de travagem que atuam no carrinho, no percurso entre os pontos C e D.

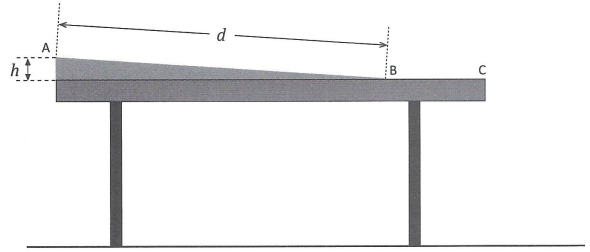
Apresente todas as etapas de resolução.

10. A figura (que não está à escala) representa uma calha inclinada, montada sobre uma mesa.

Um pequeno paralelepípedo de madeira, de massa m, é abandonado na posição A, situada a uma altura h em relação ao tampo da mesa. O paralelepípedo percorre a distância d sobre a calha, chegando à posição B com velocidade de módulo v_B. Em seguida, desliza sobre o tampo da mesa, entre as posições B e C, caindo depois para o solo.

Considere desprezáveis todas as forças dissipativas e admita que o paralelepípedo pode ser representado pelo seu centro de massa (modelo da partícula material).

Considere o solo como nível de referência da energia potencial gravítica.



10.1. No deslocamento entre as posições A e B, o trabalho realizado pela força gravítica que atua no paralelepípedo pode ser calculado pela expressão

(A) $W = m\,g\,d$ **(B)** $W = -m\,g\,d$

(C) $W = m\,g\,h$ **(D)** $W = -m\,g\,h$

10.2. No deslocamento entre as posições A e B, a soma dos trabalhos realizados pelas forças que atuam no paralelepípedo pode ser calculada pela expressão

(A) $W = \frac{1}{2} m\,v_B^2 - m\,g\,h$ **(B)** $W = \frac{1}{2} m\,v_B^2 + m\,g\,h$

(C) $W = -\frac{1}{2} m\,v_B^2$ **(D)** $W = \frac{1}{2} m\,v_B^2$

10.3. Apresente o esboço do gráfico que pode representar a energia mecânica, E_m, do sistema *paralelepípedo + Terra*, em função do tempo, t, para o movimento do paralelepípedo desde a posição A até chegar ao solo.

10.4. Considere que a altura do tampo da mesa em relação ao solo é $80\ \text{cm}$ e que o paralelepípedo chega ao solo com velocidade de módulo $4{,}5\ \text{m s}^{-1}$.

Determine a altura h, representada na figura, a que a posição A se encontra em relação ao tampo da mesa.

Apresente todas as etapas de resolução.

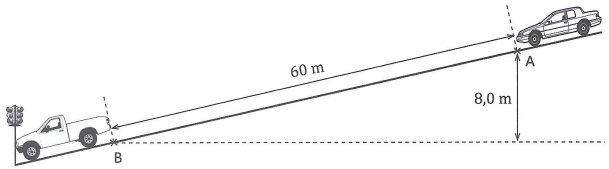
10.5. Se, em vez do paralelepípedo de madeira, se abandonasse na posição A um outro paralelepípedo do mesmo tamanho mas de maior massa, este chegaria ao solo com

(A) maior energia mecânica. **(B)** maior velocidade.

(C) menor energia mecânica. **(D)** menor velocidade.

11. Um automóvel, de massa $1200\ \text{kg}$, encontrava-se estacionado no cimo de uma rampa, conforme representado na figura, quando, acidentalmente, se destravou. Deslizou ao longo da rampa, com aceleração aproximadamente constante, até colidir com outro veículo, que se encontrava parado num semáforo. Considere que o desnível entre as posições A e B, representadas na figura, é de $8{,}0\ \text{m}$ e que o automóvel percorreu $60\ \text{m}$ entre essas duas posições.

A figura não está à escala.



11.1. Com a colisão, o ponteiro do velocímetro do automóvel que deslizou ao longo da rampa ficou encravado, indicando que o módulo da sua velocidade no instante do choque era $42\ \text{km h}^{-1}$.

Calcule a energia dissipada pelo sistema *automóvel + Terra*, no percurso considerado.

Apresente todas as etapas de resolução.

11.2. O trabalho realizado pelo peso do automóvel, no percurso entre as posições A e B, pode ser calculado pela expressão

(A) $W = -10 \times 1200 \times 8{,}0\ \text{J}$

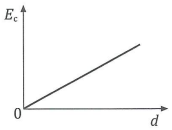
(B) $W = 10 \times 1200 \times 8{,}0\ \text{J}$

(C) $W = -10 \times 1200 \times 60\ \text{J}$

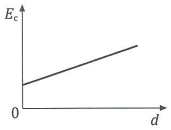
(D) $W = 10 \times 1200 \times 60\ \text{J}$

11.3. Qual é o esboço de gráfico que traduz a relação entre a energia cinética, E_c, do automóvel e a distância, d, por ele percorrida desde a posição A até à posição B?

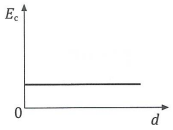
(A)



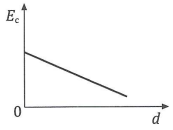
(B)



(C)



(D)



12. Considere um automóvel que, devido a uma falha no sistema de travagem, entra numa escapatória de uma autoestrada com uma velocidade de módulo $25{,}0\ \text{m s}^{-1}$.

Admita que a massa do conjunto *automóvel + ocupantes* é $1{,}20 \times 10^3\ \text{kg}$.

Considere que o automóvel pode ser representado pelo seu centro de massa (modelo da partícula material).

12.1. A Figura A representa o percurso do automóvel na escapatória, imobilizando-se aquele a uma altura de $4{,}8\ \text{m}$ em relação à base da rampa, após ter percorrido $53{,}1\ \text{m}$.

A figura não está à escala.

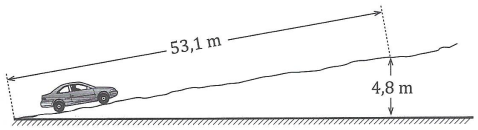


Figura A

Calcule a intensidade da resultante das forças não conservativas que atuam sobre o automóvel na direção do deslocamento, no percurso considerado.

Admita que essas forças se mantêm constantes e que a sua resultante tem sentido contrário ao do movimento.

Apresente todas as etapas de resolução.

12.2. Considere que o automóvel entra na escapatória, nas mesmas condições.

Se a intensidade das forças dissipativas que atuam sobre o automóvel fosse maior, verificar-se-ia que, desde o início da escapatória até ao ponto em que o automóvel se imobiliza, a variação da energia

(A) potencial gravítica do sistema *automóvel-Terra* seria maior.

(B) cinética do automóvel seria maior.

(C) potencial gravítica do sistema *automóvel-Terra* seria menor.

(D) cinética do automóvel seria menor.

12.3. Suponha que a escapatória não tinha o perfil representado na Figura A (situação A), mas tinha o perfil representado na Figura B (situação B), e que o automóvel se imobilizava à mesma altura ($4{,}8\ \text{m}$).

A figura não está à escala.

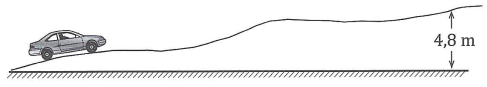


Figura B

Selecione a opção que compara corretamente o trabalho realizado pela força gravítica aplicada no automóvel, desde o início da escapatória até ao ponto em que o automóvel se imobiliza, na situação A, W_A, e na situação B, W_B.

(A) $W_A = W_B$ **(B)** $W_A > W_B$ **(C)** $W_A < W_B$ **(D)** $W_A \geq W_B$

13. Para aumentar a área de superfície lunar suscetível de ser explorada, os astronautas da *Apollo 15* usaram um veículo conhecido como jipe lunar.

Considere que o jipe pode ser representado pelo seu centro de massa (modelo da partícula material).

13.1. Indique, justificando, o valor do trabalho realizado pela força gravítica aplicada no jipe quando este se desloca sobre uma superfície horizontal.

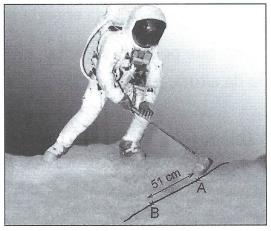
13.2. O jipe estava equipado com um motor elétrico cuja potência útil, responsável pelo movimento do seu centro de massa, era $7{,}4 \times 10^2$ W.

Admita que a figura representa uma imagem estroboscópica do movimento desse jipe, entre os pontos A e B de uma superfície horizontal, em que as sucessivas posições estão registadas a intervalos de tempo de 10 s.

Calcule o trabalho realizado pelas forças dissipativas, entre as posições A e B.

Apresente todas as etapas de resolução.

14. Para recolher amostras na superfície lunar, os astronautas usaram um utensílio de cabo extensível, tal como representado na figura. Imagine que, quando um dos astronautas tentou recolher uma amostra, de massa 200 g, esta deslizou, inadvertidamente, numa zona onde o solo era inclinado, passando na posição A com uma velocidade de módulo $0{,}50\ \text{m s}^{-1}$ e parando na posição B, tendo percorrido 51 cm entre estas posições.

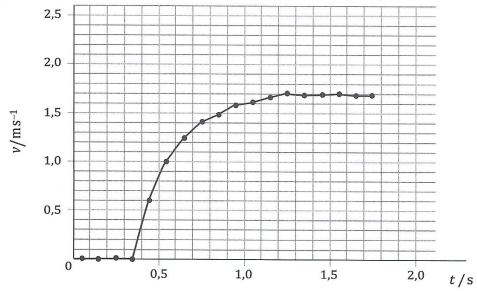


Nesse percurso, a energia potencial gravítica do sistema *amostra* + *Lua* diminuiu $8{,}16 \times 10^{-2}$ J.

Calcule a intensidade da força de atrito que atuou sobre a amostra no percurso considerado, admitindo que aquela se manteve constante.

Apresente todas as etapas de resolução.

15. Colocou-se um balão cheio de ar (com alguns feijões no seu interior) sob um sensor de movimento ligado a um sistema de aquisição de dados adequado. Seguidamente, largou-se o balão, de modo que caísse verticalmente segundo uma trajetória retilínea. A figura representa o gráfico do módulo da velocidade, *v*, do balão em função do tempo, *t*, no intervalo de tempo em que os dados foram registados.



15.1. Considere o deslocamento do balão, de massa 4,8 g, no intervalo de tempo $[1{,}3; 1{,}7]$ s.

Determine o trabalho realizado pelo peso do balão nesse deslocamento.

Apresente todas as etapas de resolução.

Nota: item com conteúdos de Física de 11.º ano (Mecânica)

15.2. No intervalo de tempo $[0{,}4; 1{,}7]$ s, a energia mecânica do sistema *balão* + *Terra*

(A) diminuiu sempre.

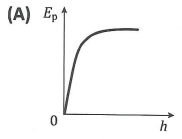
(B) diminuiu e depois manteve-se constante.

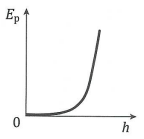
(C) aumentou sempre.

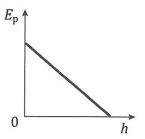
(D) aumentou e depois manteve-se constante.

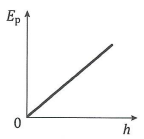
15.3. Considere o solo como nível de referência da energia potencial gravítica.

Qual é o esboço do gráfico que pode representar a energia potencial gravítica do sistema *balão* + *Terra* em função da altura, *h*, em relação ao solo?

(A) 

(B) 

(C) 

(D) 

16. Considere uma bola, de massa 4,0 g, que cai verticalmente, acabando por atingir uma velocidade terminal.

Admita que a bola pode ser representada pelo seu centro de massa (modelo da partícula material).

Calcule a energia dissipada pelo sistema *bola + Terra* quando a bola percorre $50{,}0\ \text{cm}$ com velocidade terminal.

Apresente todas as etapas de resolução.

Nota: item com conteúdos de Física de 11.º ano (Mecânica)

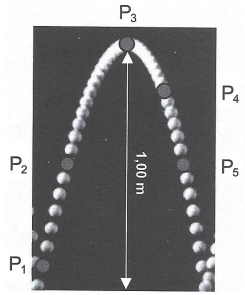
17. Numa fotografia estroboscópica, as sucessivas posições de um objeto são registadas a intervalos de tempo iguais.

A figura representa uma fotografia estroboscópica do movimento de uma bola de ténis, de massa 57,0 g, após ressaltar no solo.

P_1, P_2, P_3, P_4 e P_5 representam posições sucessivas da bola.

Na posição P_3, a bola de ténis encontra-se a $1{,}00\ \text{m}$ do solo.

Considere o solo como nível de referência da energia potencial gravítica e a resistência do ar desprezável.

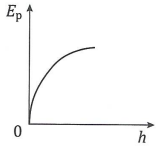


17.1. Em qual das seguintes posições, a energia cinética da bola é maior?

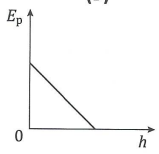
(A) P_1 **(B)** P_2 **(C)** P_3 **(D)** P_4

17.2. Qual é o esboço de gráfico que pode traduzir a relação entre a energia potencial gravítica do sistema *bola + Terra*, E_p, e a altura em relação ao solo, h, da bola, durante o seu movimento entre o solo e a posição P_3?

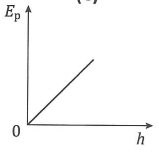
(A)



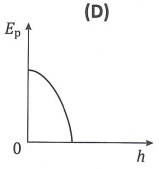
(B)



(C)

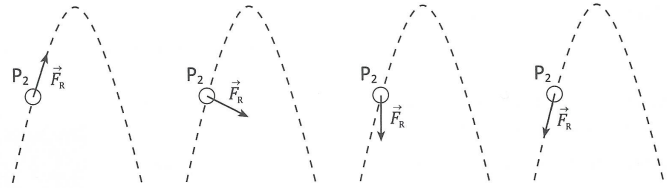


(D)



17.3. Qual é o diagrama em que a resultante das forças aplicadas na bola, $\vec{F}_R$, na posição P_2, está representada corretamente?

(A) **(B)** **(C)** **(D)**



17.4. Admitindo que a posição P_5 está a metade da altura de P_3, o trabalho realizado pela força gravítica entre as posições P_3 e P_5 é

(A) $2{,}85\times10^{-1}\ \text{J}$ **(B)** $-2{,}85\times10^{-1}\ \text{J}$

(C) $2{,}85\times10^{2}\ \text{J}$ **(D)** $-2{,}85\times10^{2}\ \text{J}$

17.5. A variação da energia cinética da bola, entre as posições P_3 e P_5, é

(A) simétrica do trabalho realizado pelas forças conservativas, entre essas posições.

(B) igual ao trabalho realizado pela força gravítica, entre essas posições.

(C) simétrica da variação da energia mecânica, entre essas posições.

(D) igual à variação da energia potencial gravítica, entre essas posições.

17.6. Relacione a energia cinética da bola na posição P_2 com a energia cinética da bola na posição P_5, fundamentando a resposta.

18. Uma bola de ténis, de massa m, cai verticalmente, depois de abandonada a $1{,}70\ \text{m}$ do solo. A bola colide com o solo e ressalta, atingindo num primeiro ressalto a altura máxima de $0{,}94\ \text{m}$.

Considere desprezável a força de resistência do ar, e admita que a bola pode ser representada pelo seu centro de massa (modelo da partícula material).

18.1. Qual das expressões seguintes permite calcular o trabalho realizado pela força gravítica que atua na bola, no deslocamento entre a posição em que a bola é abandonada e a posição em que, após o primeiro ressalto, a bola atinge a altura máxima?

(A) $-10\,m\times(0{,}94-1{,}70)$

(B) $10\,m\times(0{,}94-1{,}70)$

(C) $-10\,m\times(0{,}94+1{,}70)$

(D) $10\,m\times(0{,}94+1{,}70)$

18.2. Se a percentagem de energia dissipada for a mesma em todas as colisões com o solo, é de prever que, num segundo ressalto, a bola atinja uma altura máxima de

(A) 0,18 m

(B) 0,42 m

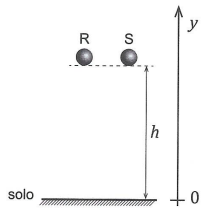
(C) 0,52 m

(D) 0,55 m

19. Na figura (que não está à escala), estão representadas duas bolas, R e S. A massa da bola R é superior à massa da bola S.

As bolas são abandonadas simultaneamente, de uma mesma altura, h, em relação ao solo.

Considere desprezável a resistência do ar e admita que cada uma das bolas pode ser representada pelo seu centro de massa (modelo da partícula material).



19.1. Qual é a relação entre o tempo de queda da bola R e o tempo de queda da bola S?

Nota: item de Física de 11.º ano (Mecânica)

19.2. As bolas R e S chegam ao solo com

(A) a mesma velocidade e a mesma energia cinética.

(B) a mesma velocidade e energias cinéticas diferentes.

(C) velocidades diferentes e energias cinéticas diferentes.

(D) velocidades diferentes e a mesma energia cinética.

19.3. Admita que uma das bolas ressalta no solo sem que ocorra dissipação de energia mecânica.

19.3.1. O trabalho realizado pelo peso da bola, desde a posição em que foi abandonada até à posição em que atinge a altura máxima após o ressalto, é

(A) zero, porque essas posições estão à mesma altura.

(B) zero, porque o peso é perpendicular ao deslocamento.

(C) positivo, porque o peso tem a direção do deslocamento.

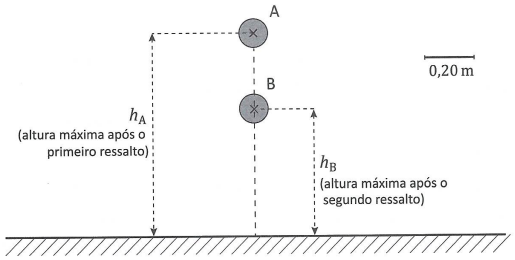
(D) positivo, porque essas posições estão a alturas diferentes.

19.3.2. Desenhe, na sua folha de respostas, o(s) vetor(es) que representa(m) a(s) força(s) que atua(m) na bola, no seu movimento ascendente, após o ressalto no solo.

20. Uma bola é abandonada de uma altura, h, em relação ao solo.

Na figura, desenhada à escala, estão representadas a altura máxima em relação ao solo atingida pela bola após o primeiro ressalto, h_A, e a altura máxima em relação ao solo atingida pela bola após o segundo ressalto, h_B.

Considere desprezável a força de resistência do ar, e admita que a bola pode ser representada pelo seu centro de massa (modelo da partícula material).



20.1. Considere a escala representada na figura e admita que a percentagem de energia dissipada é a mesma em cada ressalto.

Determine a altura, h, da qual a bola foi abandonada.

Apresente todas as etapas de resolução.

20.2. Explique porque é que a altura máxima atingida pela bola após cada ressalto é sucessivamente menor.

21. Na figura (que não está à escala), está representado um conjunto *ciclista + bicicleta* que iniciou a subida de uma rampa com uma energia cinética de $2{,}0 \times 10^3$ J. Após percorrer 68 m sobre a rampa, atinge uma altura de 3,0 m, com uma velocidade de módulo 3,5 m s^{-1}.

A massa do conjunto *ciclista + bicicleta* é 80 kg.

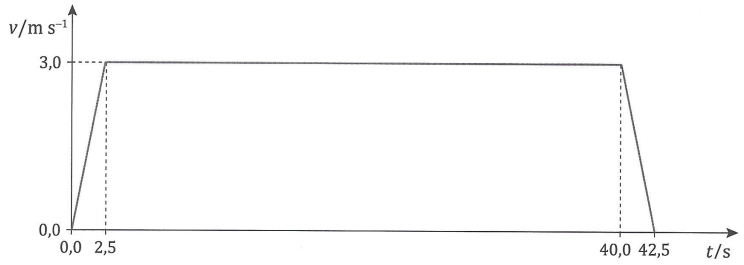
Considere que o conjunto pode ser representado pelo seu centro de massa (modelo da partícula material) e considere a base da rampa como nível de referência da energia potencial gravítica.

Calcule, no percurso considerado, a intensidade da resultante das forças não conservativas que atuam no conjunto *ciclista + bicicleta*, na direção do deslocamento. Admita que essa resultante se mantém constante.

Apresente todas as etapas de resolução.

22. Um arranha-céus tem uma plataforma panorâmica, à qual se acede de elevador.

A figura representa o módulo da velocidade, v, da cabina desse elevador, em função do tempo, t, desde o instante em que a cabina parte da base do edifício até ao instante em que atinge a plataforma.



22.1. A força gravítica que atua na cabina realiza um trabalho _____ no intervalo de tempo $[0{,}0; 2{,}5]$ s e um trabalho _____ no intervalo de tempo $[40{,}0; 42{,}5]$ s.

(A) positivo ... positivo **(B)** positivo ... negativo

(C) negativo ... positivo **(D)** negativo ... negativo

22.2. Conclua se há, ou não, conservação da energia mecânica do sistema *cabina* + *Terra* no intervalo de tempo $[2{,}5; 40{,}0]$ s. Apresente, sem efetuar cálculos, a fundamentação que lhe permite obter aquela conclusão.

22.3. A soma dos trabalhos realizados pelas forças não conservativas que atuam na cabina é

(A) nula no intervalo de tempo $[0{,}0; 2{,}5]$ s.

(B) nula no intervalo de tempo $[2{,}5; 40{,}0]$ s.

(C) negativa no intervalo de tempo $[0{,}0; 2{,}5]$ s.

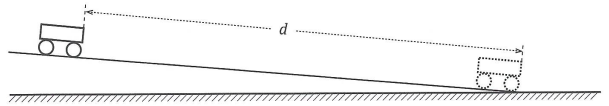
(D) positiva no intervalo de tempo $[2{,}5; 40{,}0]$ s.

22.4. Considere um ocupante da cabina do elevador, de massa 80 kg.

Determine a variação da energia potencial gravítica do sistema *ocupante* + *Terra* entre a base do edifício e a plataforma panorâmica.

Apresente todas as etapas de resolução.

23. Para investigar como varia a energia cinética de um corpo com a distância percorrida sobre um plano inclinado, um grupo de alunos montou uma prancha flexível, de modo que uma parte formasse uma rampa com uma certa inclinação em relação à horizontal, como está representado na figura. Os alunos abandonaram um carrinho, de massa $457{,}0$ g, em diversos pontos da rampa, medindo, em cada caso, a distância, d, percorrida até ao final da rampa e o valor da velocidade, v, com que o carrinho aí chegava.



23.1. Em três ensaios, realizados nas mesmas condições, os alunos mediram, com um sensor, os valores da velocidade, v, que se encontram registados na tabela seguinte.

Ensaio	v / m s^{-1}
1	0,846
2	0,853
3	0,842

Obtenha o resultado da medição da velocidade.

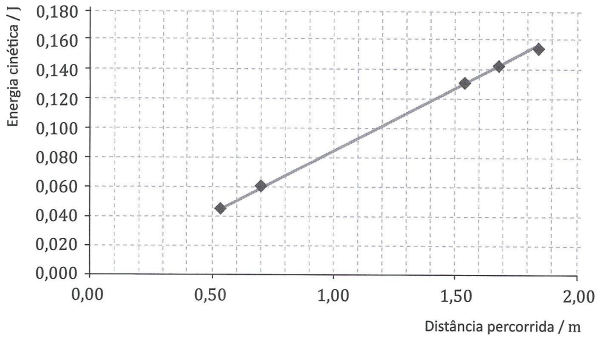
Exprima esse resultado em função do valor mais provável e da incerteza absoluta.

Apresente todas as etapas de resolução.

23.2. Admita que era pedido aos alunos que determinassem o valor da velocidade, v, do carrinho no final da rampa, não com um sensor, mas tendo que utilizar obrigatoriamente um cronómetro e uma fita métrica.

Descreva uma metodologia adequada à tarefa pedida aos alunos, explicitando os passos necessários àquela determinação.

23.3. Na figura seguinte, está representado o gráfico da energia cinética do carrinho no final da rampa, para diversos valores da distância percorrida, d.



O módulo da velocidade, v, em metro por segundo ($\mathrm{m\,s^{-1}}$), com que o carrinho chegará ao final da rampa, se, sobre esta, percorrer $2{,}00\ \mathrm{m}$, pode ser calculado pela expressão

(A) $v = \sqrt{\dfrac{2 \times 0{,}170}{0{,}4570}}\ \mathrm{m\,s^{-1}}$ **(B)** $v = \sqrt{\dfrac{2 \times 0{,}180}{0{,}4570}}\ \mathrm{m\,s^{-1}}$

(C) $v = \sqrt{\dfrac{0{,}4570 \times 0{,}180}{2}}\ \mathrm{m\,s^{-1}}$ **(D)** $v = \sqrt{\dfrac{0{,}4570 \times 0{,}170}{2}}\ \mathrm{m\,s^{-1}}$

24. Com o objetivo de investigar a dissipação de energia em colisões de bolas com o solo, um grupo de alunos realizou uma atividade laboratorial, na qual deixou cair bolas de diferentes elasticidades.

A tabela seguinte apresenta a altura máxima atingida por uma dessas bolas, após o primeiro ressalto no solo, em três ensaios consecutivos, nos quais a bola foi abandonada sempre de uma mesma altura.

Ensaio	Altura máxima atingida após o primeiro ressalto / m
1.º	0,52
2.º	0,52
3.º	0,54

Apresente o resultado da medição da altura máxima atingida pela bola, após o primeiro ressalto, em função do valor mais provável e da incerteza relativa (em percentagem).

Apresente todas as etapas de resolução.